



# **Prüfbericht**

## **Wärmeleistung eines Sonnenkollektors**

### *Test Report*

### *Thermal Performance of a Solar Collector*

**nach EN ISO 9806:2017**  
*according to EN ISO 9806:2017*

**Prüfbericht-Nr.: 20COL1537/1OEM06**  
*Test Report No.: 20COL1537/1OEM06*

**Stuttgart, den 08.06.2022**  
*Stuttgart, June 8<sup>th</sup>, 2022*

**Auftraggeber:** Immergas S.P.a  
*client:*  
Via Cisa Ligure 95  
42041 Brescello  
Italien

**Hersteller:** Immergas S.P.a  
*manufacturer:*

**Typ:** Colletore Solar Piano CP4M  
*type:*

**Herstelljahr:** 2020  
*year of production:*

## Inhaltsverzeichnis

### *Table of Contents*

1	Beschreibung des Sonnenkollektors .....3 <i>Solar Collector Description</i>
2	Prüfergebnisse Wärmeleistung .....6 <i>Test Results Thermal Performance</i>
3	Prüfvorkommnisse und Betriebsverhalten des Kollektors .....9 <i>Test Occurrences and Operating Behaviour</i>
4	Prüfverfahren .....9 <i>Test Methods</i>
	Anhang A: Messwerte der Außenprüfung unter quasi-dynamischen Bedingungen ..... 10 <i>Annex A: Measured Data of Outdoor Test under Quasi-Dynamic Conditions</i>
	Anhang B: Bezug auf Aperturfläche ..... 12 <i>Annex B: Reference to aperture area</i>
	Anhang C: Nomenklatur ..... 15 <i>Annex C: Symbols and Units</i>

## 1 Beschreibung des Sonnenkollektors (gemäß Herstellerangaben) *Solar Collector Description (acc. to manufacturer)*

<b>Hersteller</b> <i>manufacturer</i>	Immergas S.P.a Via Cisa Ligure 95 42041 Brescello Italien
<b>Ansprechpartner:</b> <i>contact person:</i>	Mauro Guareschi Tel.: +39 (0)522689011 email: Guareschi_m@immergas.com
<b>Typ:</b> <i>type:</i>	Colletore Solar Piano CP4M <i>Colletore Solar Piano CP4M</i>
<b>Herstellernummer:</b> <i>serial no.:</i>	keine Angabe <i>not specified</i>
<b>Serienprodukt oder Baumuster:</b> <i>duplicate part or model:</i>	Serienprodukt <i>duplicate part</i>
<b>Herstelljahr:</b> <i>year of production:</i>	2020 <i>2020</i>

### Kollektor *Collector*

<b>Bauart:</b> <i>collector type:</i>	Flachkollektor <i>flat plate collector</i>
<b>Brutto-Kollektorfläche:</b> <i>gross area of collector:</i>	2.02 m <sup>2</sup> <i>2.02 m<sup>2</sup></i>
<b>Länge:</b> <i>length:</i>	1730 mm <i>1730 mm</i>
<b>Breite:</b> <i>width:</i>	1170 mm <i>1170 mm</i>
<b>Höhe:</b> <i>height:</i>	85 mm <i>85 mm</i>
<b>Gewicht:</b> <i>weight:</i>	32 kg <i>32 kg</i>
<b>Wärmeträgerinhalt:</b> <i>heat transfer fluid content:</i>	1.56 Liter <i>1.56 litres</i>
<b>Material Seitenwand/Rahmen:</b> <i>material side wall/frame:</i>	Aluminium-Magnesium-Silizium-Legierung <i>aluminium-magnesium-silicon alloy</i>
<b>Material Rückwand:</b> <i>material back sheet:</i>	Aluminiumblech <i>aluminium sheet</i>
<b>Verbindungsart der Rahmenteile:</b> <i>frame fastening method:</i>	Metalleckverbinder geklebt <i>metal connector glued</i>
<b>Einbauweise:</b> <i>collector mounting:</i>	Aufdach, Flachdach, indach <i>on roof, flat roof, roof integrated</i>
<b>Anzahl Anschlüsse:</b> <i>number of connections:</i>	4 <i>4</i>
<b>Ausführung Anschlüsse:</b> <i>realisation of connections:</i>	22 mm Cu-Rohr mit Schwenkverschraubung <i>22 mm Cu pipe with swivel fitting</i>

## Absorber

*Absorber*

<b>Material:</b> <i>material:</i>	Aluminiumblech mit Kupferregister <i>aluminium sheet with copper pipes</i>
<b>Verbindung Fluidkanäle/Absorber:</b> <i>bond between risers and fin/plate:</i>	lasergeschweißt <i>laser welded</i>
<b>Dicke:</b> <i>thickness:</i>	0.4 mm <i>0.4 mm</i>
<b>Oberflächenbehandlung:</b> <i>surface treatment:</i>	hochselektiv <i>high selectiv</i>
<b>Absorptionsgrad:</b> <i>solar absorptance:</i>	0.95 <i>0.95</i>
<b>Emissionsgrad:</b> <i>emittance:</i>	0.05 <i>0.05</i>
<b>Durchströmungsform:</b> <i>flow pattern:</i>	Harfe <i>harp</i>
<b>Abmessungen Absorber [L x B]:</b> <i>dimension absorber [L x W]:</i>	1674 mm x 1105 mm <i>1674 mm x 1105 mm</i>
<b>Abmessungen Absorberrohre:</b> <i>dimension absorber tubes:</i>	8.0 x 0.4 mm <i>8.0 x 0.4 mm</i>
<b>Anzahl Absorberrohre:</b> <i>number of absorber tubes:</i>	12 <i>12</i>
<b>Länge eines Absorberrohres:</b> <i>length of a single absorber tube:</i>	1568 mm <i>1568 mm</i>
<b>Abstand der Absorberrohre:</b> <i>distance centre to centre between absorber tubes:</i>	96 mm <i>96 mm</i>
<b>Länge eines Sammlerrohres:</b> <i>length of header tube:</i>	1215 mm <i>1215 mm</i>
<b>Abmessungen Sammlerrohr:</b> <i>dimension of the header tube:</i>	22 x 0.8 mm (oder 18 x 0.7 mm) <i>22 x 0.8 mm (or 18 x 0.7 mm)</i>

## Transparente Abdeckung

*Transparent cover:*

<b>Anzahl:</b> <i>number:</i>	1 <i>1</i>
<b>Länge x Breite x Dicke:</b> <i>length x width x thickness:</i>	1717 mm x 1157 mm x 3.2 mm <i>1717 mm x 1157 mm x 3.2 mm</i>
<b>Transmissionsgrad:</b> <i>transmittance:</i>	0.895 <i>0.895</i>
<b>Abmessungen Apertur [L x B]:</b> <i>aperture dimension [L x W]:</i>	1650 mm x 1090 mm (von Prüflabor bestimmt <sup>*)</sup> ) <i>1650 mm x 1090 mm (determined by test laboratory<sup>*)</sup>)</i>
<b>Oberflächenstruktur innen/außen:</b> <i>surface characteristics inside/outside:</i>	klar / klar <i>clear / clear</i>

Anmerkung: Die Glasscheibe ist am Rand schwarz bedruckt, ganz außen ein Streifen von 12 mm zu 100 %, zur Scheibenmitte hin ein Streifen von 33 mm abnehmend von ca. 90 % bis 10 % Abdeckung.

*Note: The glass pane is printed black on the edge, on the outside a strip of 12 mm to 100%, towards the center of the pane a stiffness of 33 mm decreasing from about 90% to 10% cover.*

<sup>\*)</sup> Unbedruckter Bereich – effektive Netto-Aperturfläche laut Hersteller 1.84 m<sup>2</sup>

<sup>\*)</sup> *Unprinted area - effective net aperture area according to manufacturer 1.84 m<sup>2</sup>*

## Wärmedämmung

*Thermal insulation:*

	Rückseite <i>back side</i>	seitlich <i>at the side</i>
<b>Material:</b> <i>material:</i>	Mineralwolle <i>mineral wool</i>	- -
<b>Hersteller:</b> <i>manufacturer:</i>	keine Angabe <i>not specified</i>	- -
<b>Produktbezeichnung:</b> <i>product name:</i>	keine Angabe <i>not specified</i>	- -
<b>Wärmeleitfähigkeit:</b> <i>thermal conductivity:</i>	0.035 W/(mK) <i>0.035 W/(mK)</i>	- -
<b>Dichte:</b> <i>density:</i>	30 - 50 kg/m <sup>3</sup> <i>30 - 50 kg/m<sup>3</sup></i>	- -
<b>Dicke:</b> <i>thickness:</i>	40 mm <i>40 mm</i>	- -

## Grenzdaten

*Limitations:*

<b>Stillstandstemperatur:</b> <i>stagnation temperature:</i>	200 °C (von Prüflabor bestimmt) <i>200 °C (determined by test laboratory)</i>
<b>maximale Betriebstemperatur:</b> <i>maximum operation temperature:</i>	keine Angabe <i>not specified</i>
<b>max. zulässiger Betriebsdruck:</b> <i>maximum operation pressure:</i>	10 bar <i>10 bar</i>
<b>Zulässiger Wärmeträger:</b> <i>allowed heat transfer fluid:</i>	Frostschutz-Wasser-Gemisch <i>antifreeze-water mixture</i>
<b>Nenndurchfluss pro Kollektor:</b> <i>nominal flow rate per collector:</i>	75 kg/h <i>75 kg/h</i>

## Gültigkeit

*Validity:*

Der Prüfbericht ist gültig für den oben beschriebenen Kollektortyp Colletore Solar Piano CP4M.  
*The test report is valid for collector type Colletore Solar Piano CP4M as specified above.*

## 2 Prüfergebnisse Wärmeleistung

### *Test Results Thermal Performance*

#### Spezifische Nutzenergie des Kollektors:

*Specific useful energy extracted from the collector:*

$$\dot{Q} = A_G \left[ \eta_{0,b} K_b(\theta_L, \theta_T) G_b + \eta_{0,b} K_d G_d - a_1(\vartheta_m - \vartheta_a) - a_2(\vartheta_m - \vartheta_a)^2 - a_3 u'(\vartheta_m - \vartheta_a) \right. \\ \left. + a_4(E_L - \sigma T_a^4) - a_5 \left( \frac{d\vartheta_m}{dt} \right) - a_6 u' G - a_7 u'(E_L - \sigma T_a^4) - a_8(\vartheta_m - \vartheta_a)^4 \right]$$

mit/*with*

$$K_b(\theta_L, \theta_T) = K_b(\theta_L, 0) \cdot K_b(0, \theta_T)$$

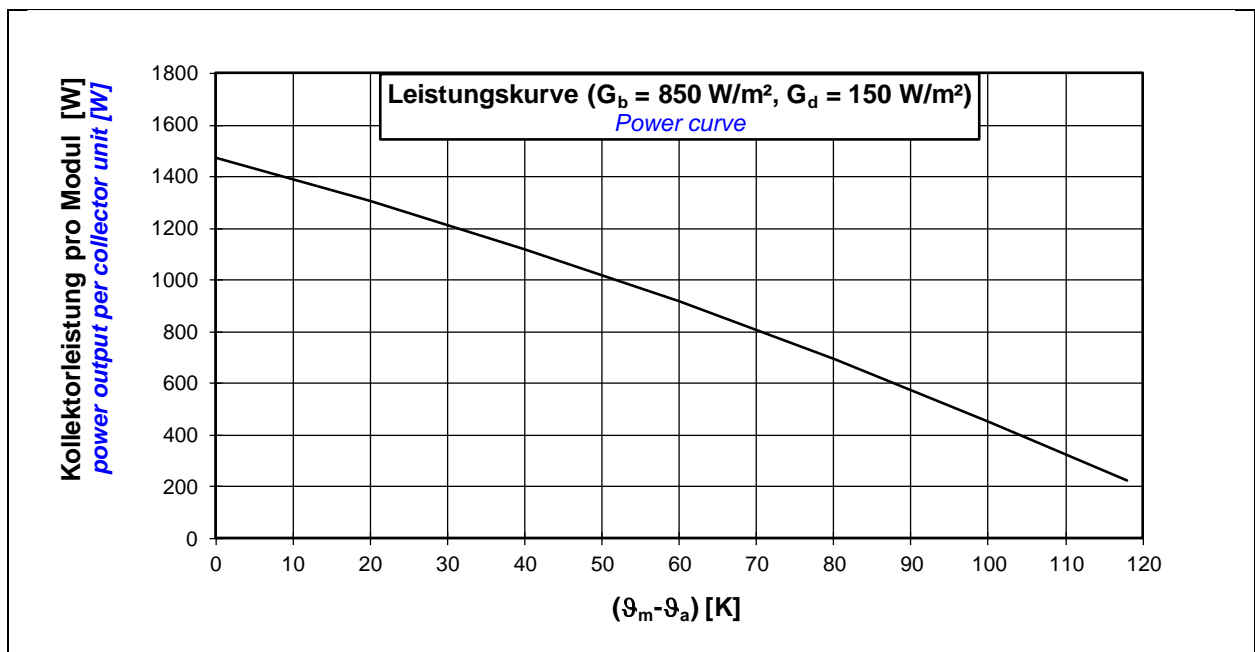
	Einheit <i>unit</i>	Wert <i>value</i>	$\sigma^*$
<b>Konversionsfaktor basierend auf der direkten Bestrahlungsstärke</b> <i>peak collector efficiency based on beam irradiance</i>	$\eta_{0,b}$ [-]	0.734	0.002
<b>Einfallswinkel-Korrekturfaktor für diffuse Strahlung</b> <i>incidence angle modifier for diffuse radiation</i>	$K_d$ [-]	0.970	0.005
<b>Wärmedurchgangskoeffizient</b> <i>heat loss coefficient</i>	$a_1$ [W/(m <sup>2</sup> K)]	3.960	0.042
<b>temperaturabhängiger Wärmedurchgangskoeffizient</b> <i>temperature dependent heat loss coefficient</i>	$a_2$ [W/(m <sup>2</sup> K <sup>2</sup> )]	0.011	0.001
<b>windabhängiger Wärmedurchgangskoeffizient</b> <i>wind speed dependent heat loss coefficient</i>	$a_3$ [J/(m <sup>3</sup> K)]	0	-
<b>Faktor zur Berechnung der von der Himmelstemperatur abhängigen Strahlungswärmeverluste</b> <i>factor for calculation of sky temperature dependent radiative heat losses</i>	$a_4$ [-]	0	-
<b>effektive spezifische Wärmekapazität</b> <i>effective specific thermal capacity</i>	$a_5$ [J/(m <sup>2</sup> K)]	11450	215
<b>Koeffizient zur Berechnung der Windabhängigkeit des Konversionsfaktors</b> <i>coefficient for calculation of wind dependence of zero loss efficiency</i>	$a_6$ [s/(m)]	0	-
<b>Windabhängiger Strahlungsaustauschkoeffizient</b> <i>wind speed dependence or IR radiation exchange</i>	$a_7$ [s/m]	-	-
<b>Koeffizient zur Berechnung der Strahlungswärmeverluste</b> <i>coefficient for radiation losses</i>	$a_8$ [W/m <sup>2</sup> K <sup>4</sup> ]	-	-

\*  $\sigma$ : Standardabweichung / *standard deviation*

**Einfallswinkel-Korrekturfaktor der direkten Bestrahlungsstärke**  
*Incidence angle modifier of the beam solar irradiance*

<b>Einfallswinkel <math>\theta</math></b> <i>incident angle <math>\theta</math></i>	0	10	20	30	40	50	60	70	80	90
<b><math>K_b(\theta_L, 0)</math>:</b>	1.00	1.00	1.00	0.99	0.98	0.96	0.89	0.71	0.36	0.00
<b><math>\sigma^*</math></b>	-	-	0.00	-	0.00	0.00	0.01	0.02	-	-
<b><math>K_b(0, \theta_T)</math>:</b>	1.00	1.00	1.00	0.99	0.98	0.96	0.89	0.71	0.36	0.00
<b><math>\sigma^*</math></b>	-	-	0.00	-	0.00	0.00	0.01	0.02	-	-

<b>Maximale Temperaturdifferenz während der Prüfung</b> <i>maximum temperature difference during test</i>	88 K
<b><math>(\vartheta_m - \vartheta_a)_{\max}</math>:</b> <i><math>(\vartheta_m - \vartheta_a)_{\max}</math>:</i>	88 K
<b>Peakleistung pro Kollektormodul <math>\dot{Q}_{\text{peak}}</math></b> <b><math>(G_b = 850 \text{ W/m}^2, G_d = 150 \text{ W/m}^2, (\vartheta_m - \vartheta_a) = 0)</math>:</b>	1476 W
<i>peak power per collector unit <math>\dot{Q}_{\text{peak}}</math></i> <i><math>(G_b = 850 \text{ W/m}^2, G_d = 150 \text{ W/m}^2, (\vartheta_m - \vartheta_a) = 0)</math>:</i>	1476 W



**Kollektorleistung pro Modul [W]**  
*Power output per collector unit [W]*

$\vartheta_m - \vartheta_a$ [K]	Bestrahlungsstärke / <i>Irradiance</i>		
	$G_b = 0 \text{ W/m}^2$ $G_d = 400 \text{ W/m}^2$	$G_b = 440 \text{ W/m}^2$ $G_d = 260 \text{ W/m}^2$	$G_b = 850 \text{ W/m}^2$ $G_d = 150 \text{ W/m}^2$
0	575	1026	1476
20	406	857	1307
40	220	671	1120
60	15	466	916
80	0 *)	244	694
100	0 *)	4	454
118	0 *)	0 *)	223

Anmerkung: Die angegebenen Werte beziehen sich auf senkrechte Einstrahlung  
*Note: the reported values are for normal incidence*

\*) Die Kollektorleistung ist mit Null angegeben, da sich rechnerisch bei diesen Betriebsbedingungen eine negative Kollektorleistung ergibt.

\*) *Calculating the power output per collector unit under these operation conditions result in negative values. Therefore the calculated power output is indicated with zero.*



### 3 **Prüfvorkommnisse und Betriebsverhalten des Kollektors** *Test Occurrences and Operating Behaviour*

Keine Auffälligkeiten  
*Nothing particular*

### 4 **Prüfverfahren** *Test Methods*

Die Prüfung der Wärmeleistung erfolgte im Außentest nach EN ISO 9806:2017 "Solarenergie - Thermische Sonnenkollektoren - Prüfverfahren" unter Verwendung des Prüfverfahrens unter quasi-dynamischen Bedingungen mit einer Kollektorneigung von 38.5 °.  
Als Wärmeträger wurde Wasser mit einem spezifischen Massenstrom von 72 kg/(m<sup>2</sup>h) verwendet.


*The thermal performance test was carried out outdoors according to EN ISO 9806:2017 „Solar energy – Solar thermal collectors – Test methods“ under quasi-dynamic conditions and a collector tilt angle of 38.5 °. Water was used as heat transfer fluid with a specific mass flow rate of 72 kg/(m<sup>2</sup>h).*

Dieser Prüfbericht darf ohne die schriftliche Zustimmung des IGTE nicht **auszugsweise** vervielfältigt werden.

*It is not allowed to copy **extracts** of this test report without a written agreement from IGTE.*

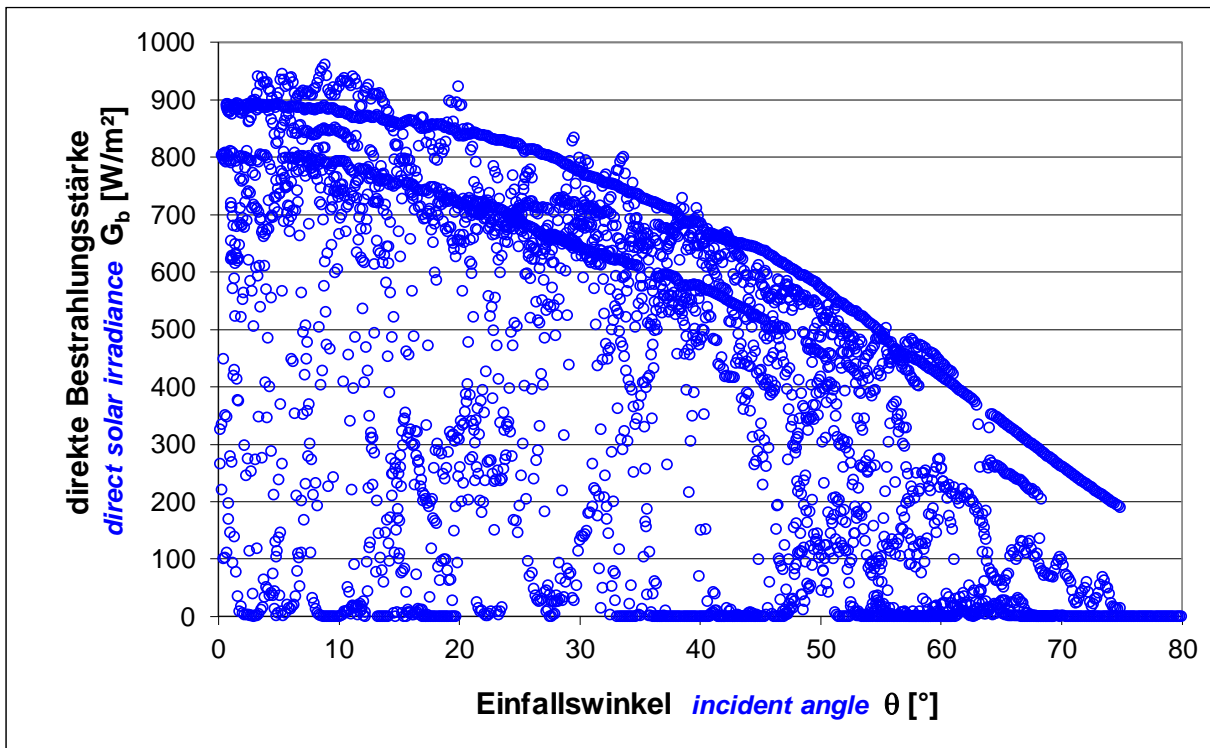
<b>Eingang Prüfling:</b> <i>Arrival of test sample:</i>	13.03.2020
<b>Interne Kennzeichnung des Prüflings:</b> <i>Internal identification of test sample:</i>	C1537 C1537
<b>Prüfzeitraum:</b> <i>Test period:</i>	15.04.2020 – 18.04.2020
<b>Prüfer:</b> <i>Test engineer:</i>	Dipl.-Ing. (FH) C. Twerdy

Stuttgart, den 08.06.2022

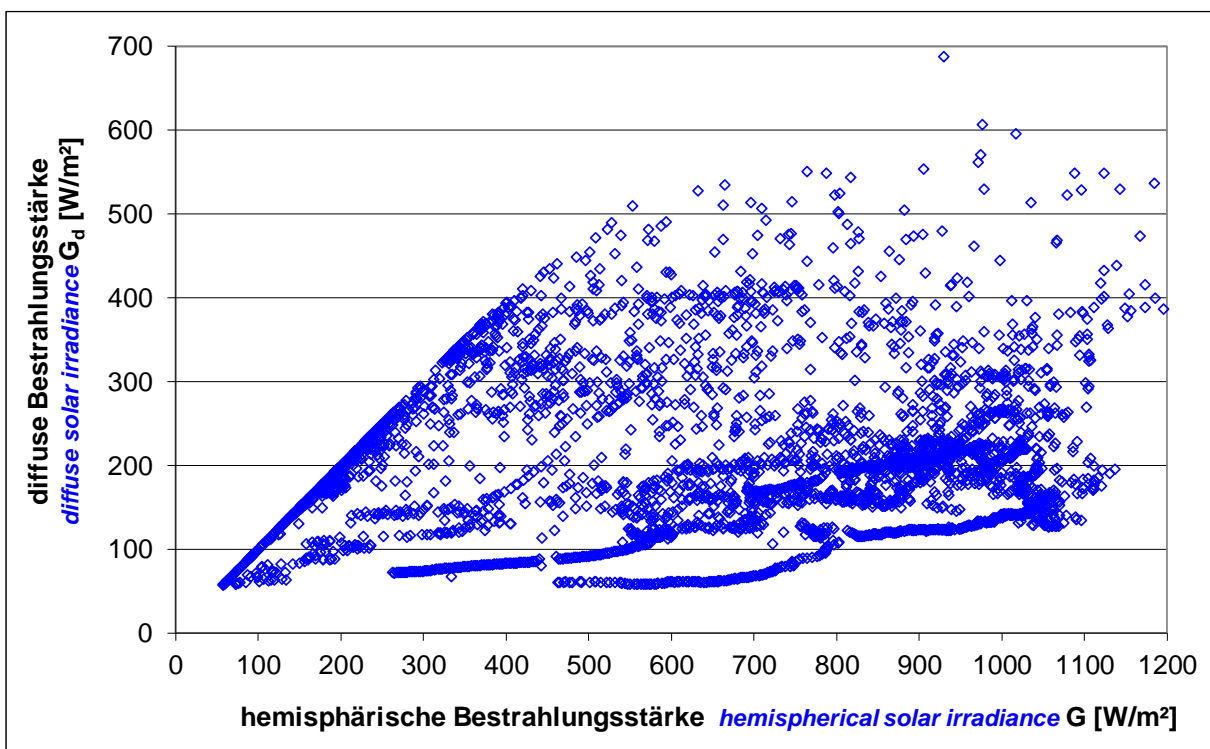
  
Dr.-Ing. Harald Drück  
Leiter Prüfbereich Solar  
*Head of test section solar*

## Anhang A: Messwerte der Außenprüfung unter quasi-dynamischen Bedingungen

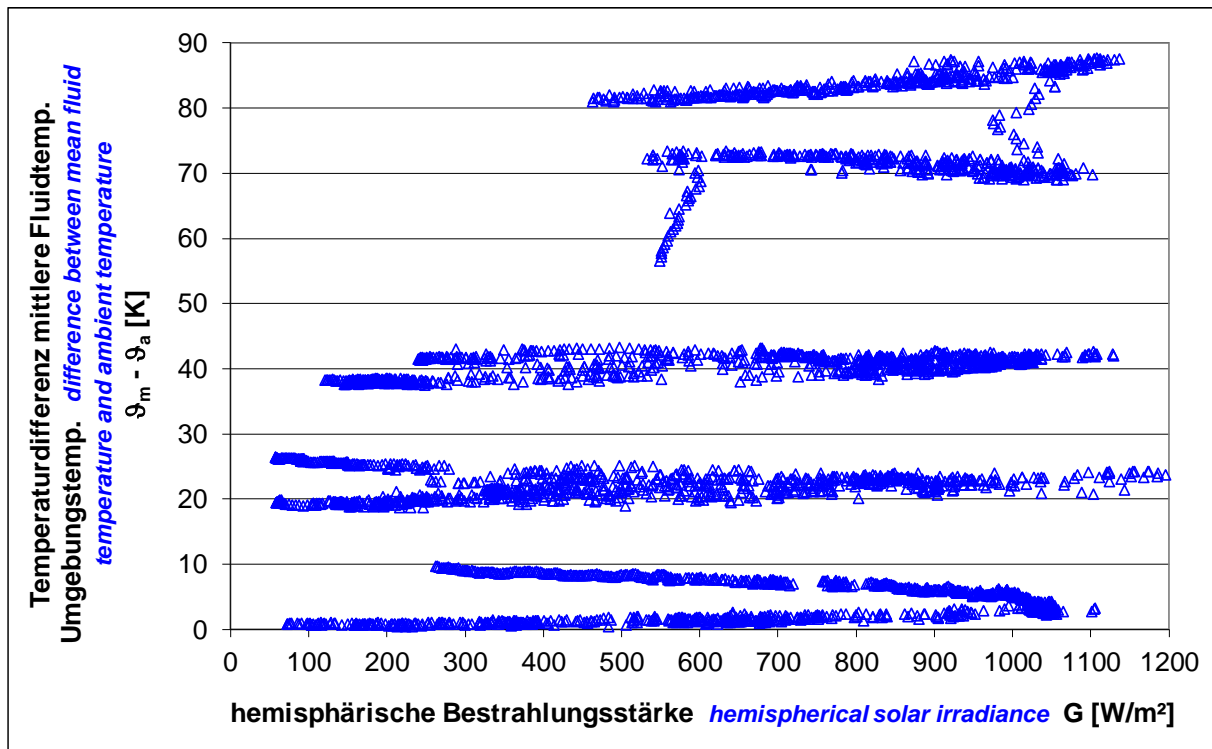
*Annex A: Measured Data of Outdoor Test under Quasi-Dynamic Conditions*



**Abbildung A.1:** Direkte Bestrahlungsstärke für unterschiedliche Einfallswinkel  
*Figure A.1: Direct solar irradiance for different incident angles*



**Abbildung A.2:** Zusammenhang zwischen diffuser Bestrahlungsstärke und hemisphärischer Bestrahlungsstärke  
*Figure A.2: Relation between diffuse solar irradiance and hemispherical solar irradiance*



**Abbildung A.3:** Temperaturdifferenz zwischen mittlerer Fluidtemperatur und Umgebungstemperatur für unterschiedliche hemisphärische Bestrahlungsstärken

*Figure A.3: Difference between mean fluid temperature and ambient temperature for different hemispherical solar irradiance values*

## Anhang B: Bezug auf Aperturfläche

### *Annex B: Reference to aperture area*

Seit März 2014 hat die internationale Norm EN ISO 9806 die bislang gültige europäische Norm EN 12975-2:2006 abgelöst. Die EN ISO 9806 verwendet als Bezugsfläche für die Kollektorkennwerte die Brutto-Kollektorfläche. Um die Vergleichbarkeit mit Kollektorkennwerten herzustellen, die auf die Aperturfläche bezogen sind, werden in diesem Anhang die Kollektorkennwerte bezogen auf die Brutto-Kollektorfläche und Aperturfläche dargestellt.

**Die thermische Leistungsfähigkeit des Kollektors ist unabhängig von der gewählten Bezugsfläche und ändert sich daher durch die hier beschriebene Umrechnung nicht!**

*Since March 2014 the international standard EN ISO 9806 has replaced the European standard EN 12975-2:2006 which was valid so far. The standard EN ISO 9806 uses for the collector parameters the gross area as reference area. For the comparison of collector parameters, which were determined using the aperture area as reference area, this annex presents the collector parameters based on gross collector area and aperture area.*

***The thermal performance of the collector is independent from the used reference area and hence is not changed by the conversion procedure described here!***

Die Umrechnung von der Brutto-Kollektorfläche ( $A_G$ ) als Bezugsfläche auf die Aperturfläche ( $A_{Ap}$ ) als Bezugsfläche erfolgt durch das Flächenverhältnis  $A_G/A_{Ap}$  für die Kollektorkennwerte:  $\eta_{0,b}$ ,  $a_1$ ,  $a_2$ ,  $a_5$ ,  $a_7$  und  $a_8$ .

Die Kollektorkennwerte  $K_d$ ,  $a_4$  sind flächenunabhängig und bedürfen keiner Umrechnung.

*The conversion from the gross collector area ( $A_G$ ) as reference area to the aperture area ( $A_{Ap}$ ) as reference area is calculated by multiplication with the area ratio  $A_G/A_{Ap}$  for the collector parameters  $\eta_{0,b}$ ,  $a_1$ ,  $a_2$ ,  $a_5$ ,  $a_7$  and  $a_8$ .*

*The collector parameters  $K_d$ ,  $a_4$  and independent from the reference area and need no conversion.*

$$\eta_{0,b}(A_{Ap}) = \eta_{0,b}(A_G) \frac{A_G}{A_{Ap}}$$

$$a_1(A_{Ap}) = a_1(A_G) \frac{A_G}{A_{Ap}}$$

$$a_2(A_{Ap}) = a_2(A_G) \frac{A_G}{A_{Ap}}$$

$$a_5(A_{Ap}) = a_5(A_G) \frac{A_G}{A_{Ap}}$$

$$a_7(A_{Ap}) = a_7(A_G) \frac{A_G}{A_{Ap}}$$

$$a_8(A_{Ap}) = a_8(A_G) \frac{A_G}{A_{Ap}}$$

( $A_{Ap}$ ) steht hierbei für den auf die Aperturfläche bezogenen Kollektorkennwert und ( $A_G$ ) für den auf die Brutto-Kollektorfläche bezogenen Kollektorkennwert.

*( $A_{Ap}$ ) represents the collector parameter based on aperture area and ( $A_G$ ) represents the collector parameter based on gross area.*

### Spezifische Nutzenergie des Kollektors:

*Specific useful energy extracted from the collector:*

$$\dot{Q} = A_G \left[ \eta_{0,b} K_b(\theta_L, \theta_T) G_b + \eta_{0,b} K_d G_d - a_1(\vartheta_m - \vartheta_a) - a_2(\vartheta_m - \vartheta_a)^2 - a_3 u'(\vartheta_m - \vartheta_a) + a_4(E_L - \sigma T_a^4) - a_5 \left( \frac{d\vartheta_m}{dt} \right) - a_6 u' G - a_7 u'(E_L - \sigma T_a^4) - a_8(\vartheta_m - \vartheta_a)^4 \right]$$

mit/*with*

$$K_b(\theta_L, \theta_T) = K_b(\theta_L, 0) \cdot K_b(0, \theta_T)$$

<b>Bezugsfläche, Brutto-Kollektorfläche, Aperturfläche</b> <i>Reference area, gross area, aperture area</i>	$A, A_G, A_{Ap}$ [m <sup>2</sup> ]	$A_G = 2.02$	$A_{Ap} = 1.84$
		<b>Bezug</b> $A_G$ <i>Based on</i> $A_G$	<b>Bezug</b> $A_{Ap}$ <i>Based on</i> $A_{Ap}$
<b>Konversionsfaktor basierend auf der direkten Bestrahlungsstärke</b> <i>peak collector efficiency based on beam irradiance</i>	$\eta_{0,b}$ [-]	<b>0.734</b>	0.806
<b>Einfallswinkel-Korrekturfaktor für diffuse Strahlung</b> <i>incidence angle modifier for diffuse radiation</i>	$K_d$ [-]	<b>0.970</b>	0.970
<b>Wärmedurchgangskoeffizient</b> <i>heat loss coefficient</i>	$a_1$ [W/(m <sup>2</sup> K)]	<b>3.960</b>	4.347
<b>temperaturabhängiger Wärmedurchgangskoeffizient</b> <i>temperature dependent heat loss coefficient</i>	$a_2$ [W/(m <sup>2</sup> K <sup>2</sup> )]	<b>0.011</b>	0.012
<b>windabhängiger Wärmedurchgangskoeffizient</b> <i>wind speed dependent heat loss coefficient</i>	$a_3$ [J/(m <sup>3</sup> K)]	0	-
<b>Faktor zur Berechnung der von der Himmelstemperatur abhängigen Strahlungswärmeverluste</b> <i>factor for calculation of sky temperature dependent radiative heat losses</i>	$a_4$ [-]	0	-
<b>effektive spezifische Wärmekapazität</b> <i>effective specific thermal capacity</i>	$a_5$ [J/(m <sup>2</sup> K)]	<b>11450</b>	12570
<b>Koeffizient zur Berechnung der Windabhängigkeit des Konversionsfaktors</b> <i>coefficient for calculation of wind dependence of zero loss efficiency</i>	$a_6$ [s/(m)]	0	-
<b>Windabhängiger Strahlungsaustauschkoeffizient</b> <i>wind speed dependence or IR radiation exchange</i>	$a_7$ [s/m]	-	-
<b>Koeffizient zur Berechnung der Strahlungswärmeverluste</b> <i>coefficient for radiation losses</i>	$a_8$ [W/m <sup>2</sup> K <sup>4</sup> ]	-	-

## Einfallswinkel-Korrekturfaktor der direkten Bestrahlungsstärke

*Incidence angle modifier of the beam solar irradiance*

<b>Einfallswinkel <math>\theta</math></b> <i>incident angle <math>\theta</math></i>	0	10	20	30	40	50	60	70	80	90
<b><math>K_b(\theta_L, 0)</math>:</b>	1.00	1.00	1.00	0.99	0.98	0.96	0.89	0.71	0.36	0.00
<b><math>K_b(0, \theta_T)</math>:</b>	1.00	1.00	1.00	0.99	0.98	0.96	0.89	0.71	0.36	0.00

## Anhang C: Nomenklatur

### *Annex C: Symbols and Units*

$A_G$	[m <sup>2</sup> ]	Brutto-Kollektorfläche / <i>gross area of collector</i>
$A_{Ap}$	[m <sup>2</sup> ]	Aperturfläche / <i>aperture area of collector</i>
$a$	[(mbar h <sup>2</sup> )/l <sup>2</sup> ]	Koeffizient zur Berechnung des Druckverlusts <i>coefficient for calculation of pressure loss</i>
$b$	[(mbar h)/l]	Koeffizient zur Berechnung des Druckverlusts <i>coefficient for calculation of pressure loss</i>
$a_1$	[W/(m <sup>2</sup> K)]	Wärmedurchgangskoeffizient bei $(\vartheta_m - \vartheta_a) = 0$ <i>heat loss coefficient at <math>(\vartheta_m - \vartheta_a) = 0</math></i>
$a_2$	[W/(m <sup>2</sup> K <sup>2</sup> )]	temperaturabhängiger Wärmedurchgangskoeffizient <i>temperature dependent heat loss coefficient</i>
$a_3$	J/(m <sup>3</sup> K)	windabhängiger Wärmedurchgangskoeffizient <i>wind speed dependent heat loss coefficient</i>
$a_4$	-	Faktor zur Berechnung der von der Himmelstemperatur abhängigen Strahlungswärmeverluste <i>factor for calculation of sky temperature dependent radiative heat losses</i>
$a_5$	[kJ/(m <sup>2</sup> K)]	effektive spezifische Wärmekapazität des Kollektors <i>effective specific heat capacity of the collector</i>
$a_6$	s/m	Koeffizient zur Berechnung der Windabhängigkeit des Konversionsfaktors <i>coefficient for calculation of wind dependence in zero loss efficiency</i>
$a_7$	s/m	Windabhängiger Strahlungsaustauschkoeffizient <i>wind speed dependence or IR radiation exchange</i>
$a_8$	W/m <sup>2</sup> K <sup>4</sup>	Koeffizient zur Berechnung der Strahlungswärmeverluste <i>coefficient for radiation losses</i>
$E_L$	[W/m <sup>2</sup> ]	langwellige Strahlung ( $\lambda > 3 \mu\text{m}$ ) / <i>long wave irradiance (<math>\lambda &gt; 3 \mu\text{m}</math>)</i>
$\eta_{0,b}$	[-]	Konversionsfaktor basierend auf der direkten Bestrahlungsstärke $G_b$ <i>peak collector efficiency based on beam irradiance <math>G_b</math></i>
$\eta_{0,hem}$	[-]	Konversionsfaktor der hemisphärischen Bestrahlungsstärke $G$ <i>conversion factor based on hemispherical irradiance <math>G</math></i>
$G$	[W/m <sup>2</sup> ]	hemisphärische Bestrahlungsstärke / <i>hemispherical solar irradiance</i>
$G_b$	[W/m <sup>2</sup> ]	direkte Bestrahlungsstärke / <i>beam solar irradiance</i>
$G_d$	[W/m <sup>2</sup> ]	diffuse Bestrahlungsstärke / <i>diffuse solar irradiance</i>
$K_b(\theta_L, \theta_T)$	[-]	Einfallswinkelkorrekturfaktor der direkten Bestrahlungsstärke <i>incident angle modifier of beam solar irradiance</i>
$K_b(\theta_L, 0)$	[-]	Einfallswinkelkorrekturfaktor der direkten Bestrahlungsstärke (longitudinal) <i>incident angle modifier of beam solar irradiance (longitudinal)</i>
$K_b(0, \theta_T)$	[-]	Einfallswinkelkorrekturfaktor der direkten Bestrahlungsstärke (transversal) <i>incident angle modifier of beam solar irradiance (transversal)</i>
$K_d$	[-]	Einfallswinkelkorrekturfaktor der diffusen Bestrahlungsstärke <i>incident angle modifier of diffuse solar irradiance</i>
$\dot{m}$	[kg/h]	Massenstrom / <i>mass flow rate</i>
$\dot{Q}$	[W]	Kollektorleistung pro Modul / <i>power per collector unit</i>
$\Delta p$	[mbar]	Druckverlust / <i>pressure loss</i>
$t$	[s]	Zeit / <i>time</i>
$T_a$	[K]	Umgebungstemperatur / <i>ambient air temperature</i>
$u$	[m/s]	Windgeschwindigkeit / <i>surrounding air speed</i>
$u'$	[m/s]	Reduzierte Windgeschwindigkeit / <i>reduced surrounding air speed</i>
$\dot{V}$	[l/h]	Volumenstrom / <i>volume flow</i>
$\vartheta$	[°C]	Temperatur / <i>temperature</i>
$\vartheta_a$	[°C]	Umgebungstemperatur / <i>ambient air temperature</i>
$\vartheta_e$	[°C]	Kollektoraustrittstemperatur / <i>collector outlet temperature</i>

---

$\vartheta_{in}$	[°C]	Kollektoreintrittstemperatur / <i>collector inlet temperature</i>
$\vartheta_m$	[°C]	mittlere Fluidtemperatur / <i>mean fluid temperature</i>
$\theta$	[°]	Einfallswinkel der direkten Bestrahlungsstärke <i>incidence angle of beam solar irradiance</i>
$\sigma$	W/(m <sup>2</sup> K <sup>4</sup> )	Stefan-Boltzmann-Konstante $\sigma = 5.67 \times 10^{-8}$ W/(m <sup>2</sup> K <sup>4</sup> ) <i>Stefan-Boltzmann-constant <math>\sigma = 5.67 \times 10^{-8}</math> W/(m<sup>2</sup>K<sup>4</sup>)</i>